

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

JP 3591645-2 A
SEP 1984**(54) MANUFACTURE OF OPTICAL DISTRIBUTING CIRCUIT**

(11) 59-164522 (A)

(43) 17.9.1984 (19) JP

(21) Appl. No. 58-37382

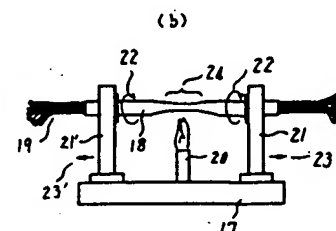
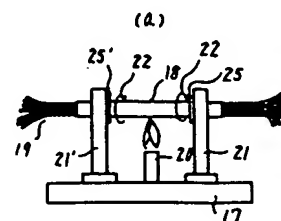
~~(22) 9.3.1983~~

(71) HITACHI SEISAKUSHO K.K. (72) KATSUYUKI IMOTO(1)

(51) Int. Cl.³ G02B27/10, G02B5/14

PURPOSE: To obtain stable optical characteristics by inserting a bundle of optical fibers into a hollow glass pipe, applying tensile force in an axial direction of the glass pipe while heating the outer circumference of the glass pipe, and drawing the optical fiber bundle and glass pipe while heat-sealing them.

CONSTITUTION: Plural optical fibers 19 are inserted into the hollow glass pipe 18 from one end, and this glass pipe 18 is chucked at chuck parts 25 and 25' of a glass lathe and rotated. The hollow glass pipe 18 is heated by a heat source 10 near the center part, and when the hollow glass pipe 18 starts softening, both headstocks 21 and 21' of the glass lathe are drawn as shown by arrows 23 and 23' to heat-seal the hollow glass pipe 18 and optical fiber bundle 19 continuously until the external diameter of the optical fiber bundle 19 of a tapered part 24 becomes nearly equal to the diameter of one optical fiber.



65/409

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59—164522

⑬ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和59年(1984) 9月17日

G 02 B 27/10

8106—2H

5/14

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 7 頁)

⑮ 光分配回路の製造方法

⑯ 発明者 堀明宏

国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番
地株式会社日立製作所中央研究
所内

⑰ 特 願 昭58—37382

⑱ 出 願 昭58(1983) 3月9日

⑲ 発明者 井本克之

国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番
地株式会社日立製作所中央研究
所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内1丁目5
番1号

㉑ 代理人 弁理士 高橋明夫 外1名

明 細 書

発明の名称 光分配回路の製造方法

特許請求の範囲

1. 中空ガラス管内に n 本 ($n > 2$) の光ファイバを束にして挿入し、上記ガラス管をガラス旋盤の主軸台に固定して、上記ガラス管の外周を加熱源で加熱しながら上記ガラス管の端部から上記ガラス管の軸方向に引張り力を加えて光ファイバ束と上記ガラス管を融着しつつ延伸することを特徴とする光分配回路の製造方法。
2. 第1項記載の光分配回路の製造方法において、中空ガラス管内に挿入する光ファイバの配置は上記管の中心軸に対して対称になるように配置するか、あらかじめ光ファイバ束をねじつて入れておく、あるいは対称に配置できないときには、上記管と光ファイバ束、光ファイバと光ファイバのすき間に、乾燥、加熱処理によりガラス化するガラス原料液を充填させたことを特徴とする第1項記載の光分配回路の製造方法。
3. 第1項記載の光分配回路の製造方法において、

中空ガラス管内に挿入する光ファイバをあらかじめその長さ方向に切断し、その端面処理後またはそのままの状態中空ガラス管の両端から上記切断した光ファイバ束を挿入し、切断面同志を突き合わせたようにしてテーパ状に延伸することを特徴とする第1項記載の光分配回路の製造方法。

4. 第1項記載の光分配回路の製造方法において、中空ガラス管は同一径のものか、中心付近がテーパ状に加工されたもの、両端部がテーパ状に加工されたもの、さらには上記管の内壁表面に光ファイバのクラッドの屈折率と同等かそれよりも低い屈折率のガラス膜を堆積されていることを特徴とする第1項記載の光分配回路の製造方法。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は光ファイバを伝搬する光ビームを複数本の光ファイバに分配する光分配回路およびその製造法に関するものである。

〔従来技術〕

光ファイバ伝送技術の急速な進歩にともない、コンピューター-コンピューター間やコンピューター-端末間のデータ伝送に光ファイバを使用する光データリンクの研究開発が盛んに行われている。この光データリンクを構成する上で、複数本の入力用光ファイバからの光信号をミキシングして複数本の出力用光ファイバに低損失で、かつ均等に分配し得る光分配回路は必須のデバイスである。

従来、この種の光分配回路として、第1図に示すように、多数本の光ファイバを1個所でまとめ、加熱しながらねじりを加えて融着し、その中央部にテーパ状の領域5を形成することによって分配するものがある。このような構成にすることにより、たとえば光ファイバ1からの伝搬光ビームを光ファイバ6、7、8および9に分配するようになっている。しかしながら、テーパ状の細い領域5は加熱融着によってその外径が1本の光ファイバの外径とほぼ等しい径にまで延伸されるので、中央部が折れ易くなり、信頼性に欠ける。またこ

を加え、上記融着光ファイバをテーパ状15に形成する工程と、1本の光ファイバ径と等しい所で上記テーパ部を切断する工程と、その切断面に他の1本の光ファイバ16を融着する工程からなる光分配回路の製造法である。この方法はテーパ部がガラス管でおおわれているため、第1図の場合のような折れ易い、テーパ部の表面状態によつて挿入損失が変動する、製造歩留りが悪いといった問題は軽減される。しかし、ガラス管内が複数本の光ファイバで中実されることはなく、必ずすき間があるので、このような状態でテーパ状に延伸した場合には、他の1本の光ファイバを融着する切断面の各々の光ファイバの断面形状も不均一になる。その不均一の場合は第1図の場合よりも少ないがやはり問題になる。またこの方法ではテーパ状の切断面と他の1本の光ファイバとの融着の際に精密な光学軸調整が必要であり、融着端面の位置ずれによる分配バラツキを生じやすいといった問題点がある。

したがって、挿入損失、分配バラツキが小さく、

特開昭59-164522(2)

のような細径延伸技術は熟練を要するため、その製造歩留りは悪く、量産には向かない方法であつた。またテーパ部の表面状態によつて挿入損失が変動するという問題点もあつた。そして最大の問題点が、中央部の断面外形は加熱延伸前は円ではなかつたものを加熱しながらねじりを加えて融着、延伸してその断面外形を円にするために、その断面内での各々の光ファイバの断面形状はそのしわよせがきてそれぞれ不均一な形状になることである。そのため、各々の光ファイバ間の光結合も不均一となり、分配バラツキが大きくなる点であつた。

第2図は1本の光ファイバを伝搬する光ビームを複数本の光ファイバに分配する従来の光分配回路の製造法の工程を示す斜視図である。これは、複数本の光ファイバ10の一方の端11を一つにまとめ、ガラス管12の中を貫通させる工程と、ガラス管の外側から加熱源14で加熱し、一体となつた融着光ファイバを形成しながら、上記複数本の光ファイバに一方の端11から引張り力13

製造が容易で量産性に通じた構造および製造方法の光分配回路が望まれる。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、前記問題点を解決させるべく光分配回路およびその製造法を提供することにある。

〔発明の概要〕

本発明は、中空ガラス管内に複数本の光ファイバを束にして挿入し、その中空ガラス管をガラス旋盤の主軸台に固定して、中空ガラス管の外周を加熱源で加熱しながら中空ガラス管の両端側（あるいは片端側のみ）から中空ガラス管の軸方向に引張り力を加えて中空ガラス管をテーパ状に延伸し、中空ガラス管と光ファイバ束とを融着することにより、入力側および出力側光ファイバが n 本（ $n > 2$ ）からなる光分配回路およびその製造方法に関する。上記構成において、中空ガラス管内に挿入する光ファイバ束の配置は上記管の中心軸に対して対称になるように配置するか、あらかじめ光ファイバ束をねじって入れておく。また対称

に配置できないときには、中空ガラス管と光ファイバ束、光ファイバと光ファイバのすき間に、乾燥、加熱処理によりガラス化するガラス原料液を充填させた構成とする。また光ファイバはその長さ方向にあらかじめ半分に切断し、その端面処理後またはそのままの状態中空ガラス管の両端から切断した光ファイバを挿入し、切断面同士をつき合わせたようにしてテーパ状に延伸する。さらに、中空ガラス管は同一径のものか、中心付近がテーパ状に加工されたもの、両端部がテーパ状に加工されたもの、あるいはガラス管の内壁表面に光ファイバのクラッドの屈折率と同等かそれよりも低い屈折率のガラス膜を堆積したものをを用いてもよい。

〔発明の実施例〕

第3図(a)、(b)は本発明の光分配回路の製造方法を説明するための概略図である。17はガラス旋盤で、中空ガラス管18をチャックするチャック部25、25'と、中空ガラス管18を矢印22方向（あるいはその反対方向）に回転させる機構

と、主軸台21、21'を矢印23、23'方向（あるいはそれぞれその反対方向）に移動させる機構を有している。まず(a)に示すように、複数本の光ファイバ19を中空ガラス管18の一方の端から挿入する。その中空ガラス管18をガラス旋盤17のチャック部25、25'にチャックし、矢印22方向へ回転させる。中空ガラス管18の中央部付近を加熱源20（都市ガス、プロパンガス、あるいは酸水素ガスをを用いたバーナまたは抵抗加熱ヒータ、高周波加熱ヒータ、さらにはCO₂レーザなどでもよい。）で加熱する。加熱方法は、中空ガラス管の外周から一方向、または複数の方向、さらには同心状に加熱する。この実施例の場合には1本バーナを用いて加熱してある。なお、中空ガラス管の外周から一様に加熱できる場合には中空ガラス管は矢印22方向へ回転させなくてもよい。中空ガラス管が軟化し始めたら、ガラス旋盤の主軸台21、21'の両方（あるいはどちらか一方のみ）を矢印23、23'方向（あるいは、23か23'方向のいずれかのみ）へ延伸し

中空ガラス管と光ファイバ束19とを融着させ、テーパ部24を形成させる（同図(b)参照）。ここで延伸はテーパ部24の中央付近の延伸された光ファイバ束の外径が1本の光ファイバの直径とほぼ同程度になるまで続ける。この作業はたとえばレーザを用いた光学的非接触型寸法測定器で上記ガラス管の内径あるいは外径を観測しながら延伸することによつて精度良く行える。また上記測定器の出力信号を制御回路を通して主軸台の移動機構にフィードバックすれば自動的に再現性よく作れるようになる。加熱源20は所望の直径にまで延伸するまで点火していてもよいが、延伸前あるいはその途中で断してもよい。これはガラス管18がすでに軟化状態になつていれば十分に延伸することができるという事実に基づいた結果である。

第4図は中空ガラス管18内に7本の光ファイバ19-1~19-7を挿入した場合の中空ガラス管の中央部付近の断面図を示したものである。この場合には中空ガラス管内に光ファイバを対称

に配置した例である。同図(a)は中空ガラス管と光ファイバ、光ファイバと光ファイバの間にすき間26がある場合であり、同図(b)は、乾燥、加熱処理によりガラス化するガラス原料液を充填し、上記すき間をガラス27でおおつた場合である。このような構成で第3図の方法により中空ガラス管を延伸して外径を真円にした場合には、(a)の構造のときはすき間の部分のしわよせが若干光ファイバにおよぼされるがほぼ(a)と相似の断面構造となる。(b)の場合には相似の断面構造となり、光の結合、分配が均一に行われるようになる。ここで上記すき間26に充填するガラス原料としては、金属アルコオキサイド（たとえば、 $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ 、 $\text{Si}(\text{OCH}_3)_4$ 、 $\text{B}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ 、など）と水の混合液、有機シラン系のアルコール溶液（商品名シリカフイルム）、水ガラス（たとえば $\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ）、コロイダルシリカ、などを用いることができ、光ファイバのクラッドの屈折率に応じて種々使いわけることができる。

第5図は中空ガラス管18内に光ファイバ19

を10本挿入した場合の中空ガラス管の中央部付近の断面図を示したものである。この場合には中空ガラス管内に光ファイバが非対称に配置されており、(a)に示す状態でそのまま中空ガラス管を延伸すればすき間26のしわよせが光ファイバにおよぼされ、各々の光ファイバの断面形状は不均一となり、光分配バラッキを生じさせる原因となる。同図(b)はこれを改善するために、すき間26にガラス27をつめこんだものである。このようにすれば、延伸により各々の光ファイバの断面形状を相対的に減少させ、均一に保つことができる。

第6図は、光ファイバを長さ方向にあらかじめほぼ半分に切断し、その端面を処理後またはそのままの状態で中空ガラス管18の両端から上記切断した光ファイバ束28、28'を挿入し、切断面同志をつき合わせたように構成(29で示す)したものである。この中空ガラス管を第3図のようにガラス旋盤に取りつけてテーパ状に延伸加工する方法である。同図(a)は同一径の中空ガラス管18を用いた場合であり、同図(b)は中空ガラス管

18の中央部付近30をあらかじめテーパ状に加工した中空ガラス管を用いた場合である。このようにテーパ状の中空ガラス管を用いると、光ファイバ束28、28'を中空ガラス管内に挿入し易く、また中空ガラス管内の中心軸と光ファイバ束の中心軸とが合わせ易く、さらに第3図の方法で延伸、融着時の融着部への気泡残留を抑制することができる。

第7図は、第6図に用いる光ファイバの端面部の横断面を示したものである。この実施例の光ファイバはコア部34、中間層部33、クラッド部32、ジャケット部31からなる構造のものである。(a)のように端面近傍のジャケット部31のみをはく離した光ファイバ、(b)のようにコア部34のみをむきだしにした光ファイバ、(c)のように端面近傍をテーパ状35に加工した光ファイバ、さらには先端部を丸めた光ファイバ、などを用いることができる。また、光ファイバの構造としては、グレーデッド型、ステップ型のいずれの屈折率分布のものでよい。

第8図は、光ファイバ束19をあらかじめねじった状態で中空ガラス管18内に挿入し、加熱部36で中空ガラス管を加熱しながら矢印37、37'方向に延伸してテーパ状にし融着した光分配回路の製造法の工程図を示したものである。これは、テーパ状の結合部38をできる限り短くするために光ファイバ束にあらかじめねじりを加えたものであり、また光ファイバ束にねじりを加えることにより、ねじりを加えられた光ファイバ束の外径をできる限り円形に近づけ、それを中空ガラス管内に挿入することにより、すき間をなくし、延伸後の各々の光ファイバの断面形状を相対的に減少させるようにすることを意図したものである。ねじりを増すほど、結合長は短くなり、またその外径は円形(あるいは対称断面形状)に近づくので、良い方向に向かう。このねじりを加える方法は、第5図に示したように中空ガラス管内に光ファイバが非対称に配置される場合にねじりを加えれば有効な手法となる。

第9図は第8図に示した方法の具体的な製造方

法を示したものである。ガラス旋盤17のベッド上に主軸台21、21'の他に光ファイバ支持台39、39'を設け、その光ファイバ支持チャック部40、40'の中心軸A-A'を主軸台21、21'のチャック部25、25'の中心軸と一致させてある。光ファイバ支持チャック部40、40'は矢印41、42方向(あるいはその逆方向)に回転できる機能をもっている。まず(a)に示すように、中空ガラス管18の一方端から光ファイバ束19を挿入して中空ガラス管をガラス旋盤にチャックする。そして複数本の光ファイバ19を中心軸A-A'のまわりに配置されるように(できる限り平行で直線的に)光ファイバ支持チャック部40、40'で固定する。次いでチャック回転機能部を駆動して矢印41、42方向へチャック40、40'をそれぞれ回転させることにより光ファイバ束19をねじる。ねじりの度合いはチャックを矢印41、42方向へ何回転させるかによつて決まる。所望の回転を与えた後、チャックの回転を停止させ、ロックしておく。なお、

ねじりを加えた光ファイバ束の外径は中空ガラス管18の内径よりも小さいことは図より明らかである。次に(b)において、主軸台21, 21'のチャック部25, 25'をそれぞれ矢印22方向へ同期回転させながら、加熱源20で中空ガラス管18の外周を加熱する。なお、中空ガラス管の外周から一様に加熱できる場合には矢印22方向へ中空ガラス管を回転させなくてもよい。中空ガラス管18が軟化状態になつたら主軸台21, 21'を矢印23, 23'方向へ徐々に移動させて中空ガラス管18をテーパ状にする。そして、(c)に示すように、中空ガラス管18とねじりを加えた光ファイバ束43とを融着し、延伸する。延伸はテーパ部38の中央付近のテーパ状に延伸されたねじり光ファイバ束の外径が1本の光ファイバの外径と同程度になつたところで停止される。ただし、この延伸の度合いは光ファイバの構造、屈折率分布などによつて最適に選ばれる。加熱源20は延伸状態に入つたらすぐにオフにしてもよく、また延伸終了前にオフにしてもよい。延伸し終えたら、

まずチャック部40, 40'から光ファイバ束をはずし、ついでチャック部25, 25'から延伸した光分配回路をとりはずす。とりはずした光分配回路のガラス管と光ファイバ束との接触部44, 44'は光ファイバがブラブラして動き易く、光ファイバ表面にキズがつきやすいので高分子材料で被覆して使うようにすればよい。なお、第3図で得た光分配回路についても同様の処理をほどこすことは言うまでもないことである。なお、第9図の装置を用いて光ファイバ束をあらかじめねじりを入れない状態の光分配回路を作れることは当然のことである。この場合には、複数本の光ファイバ19を中心軸A-A'のまわりに配置されるように(できる限り平行で直線的に)光ファイバ支持チャック部40, 40'で固定した後、チャック部40, 40'を回転させなく固定したまま中空ガラス管を加熱しながら延伸、融着すればよい。

第10図は本発明に用いる中空ガラス管の構造を示したものである。(a)は同一径の中空ガラス管、(b)は中空ガラス管の内壁に光ファイバのクラッド

の屈折率と同等かそれよりも低い屈折率のガラス膜45を堆積した中空ガラス管、(c)は中空ガラス管の中央部付近をテーパ状46にしたものである。中空ガラス管の材質としては、光ファイバに石英系のものを用いた場合には、石英ガラス、バイコールガラス、屈折率制御用ドーパントを含んだ石英ガラスなどを用いる。多成分系ファイバを用いる場合にはバイレックスなどの低軟化点ガラスを用いる。ガラス膜45は、たとえばCVD法で堆積させるが、このガラス膜は光ファイバのクラッド部との融着性、密着性をよくさせるために、また光ファイバ束外径表面とガラス膜表面との間の散乱損失を低減させるために、その軟化点をクラッド部のそれよりも小さくすることが望ましい。なお中空ガラス管の構造は第10図のものに限定されない。たとえばテーパ部46は数カ所にあつてもよく、また中空ガラス管の軸方向に凹凸があつてもかまわない(たとえば、中空ガラス管の両端部は光ファイバを挿入し易くするためにテーパ状に大きくなつていてもよい。また融着時の気泡

残留を防ぐために中空ガラス管の軸方向のどこかに穴をあけておいてもよい)。

〔発明の効果〕

以上の説明から明らかなように本発明によれば、

- (1) 光の結合、分配が行われるテーパ部が十分に厚いガラスでおおわれているので、機械的補強効果がある。また光学的特性も安定となる。さらにテーパ部の外径は数百 μm 以上にできるので製造し易く、製造歩留りもあがる。
- (2) テーパ部の各々の光ファイバの断面形状が、延伸前とほぼ相似形の円形にたもてるので、光の分配バラツキを小さく抑えることができる。
- (3) 製造方法が簡単で、かつ光学軸調整などを不要とし、低挿入損失、低分配バラツキの光分配回路を容易に得ることができる。

図面の簡単な説明

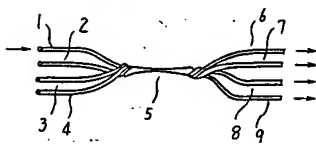
第1図は従来の光分配回路の概略図、第2図は従来の光分配回路の製造法の工程を示す斜視図、第3図(a), (b)は本発明の光分配回路の製造方法を説明するための概略図、第4, 5図は中空ガラス

管内に光ファイバ束を挿入した場合の中空ガラス管の中央部付近の断面図、第6図は本発明の光分配回路用中空ガラス管と光ファイバ束の構成例、第7図は本発明に用いる光ファイバの端面付近の横断面図、第8、9図は本発明の光分配回路の製造法の概略図、第10図は本発明に用いる中空ガラス管の横断面図である。

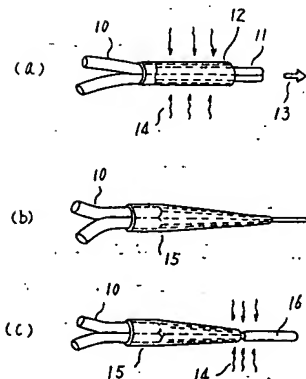
1～4, 6～9, 10, 11, 16, 19, 19-1～19-7, 28, 28', 31…光ファイバ、5…融着、テーパ部、12, 18…中空ガラス管、14, 20, 36…加熱源、17…ガラス旋盤、22, 41, 42…回転方向、21, 21'…主軸台、25, 25', 40, 40'…チャック部、13, 23, 23', 37, 37'…引張り方向、24, 30, 35, 38, 46…テーパ部、26…すき間、27…ガラス充填物、43…ねじれ光ファイバ束。

代理人 弁理士 高橋明夫

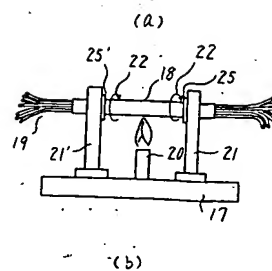
第 1 図



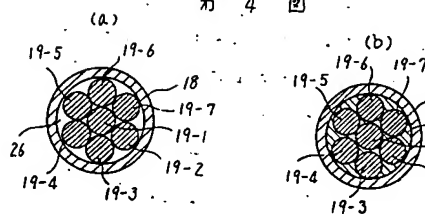
第 2 図



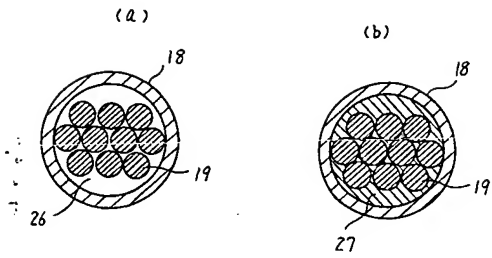
第 3 図



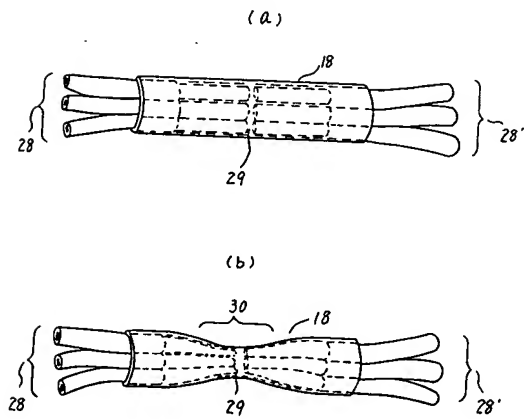
第 4 図



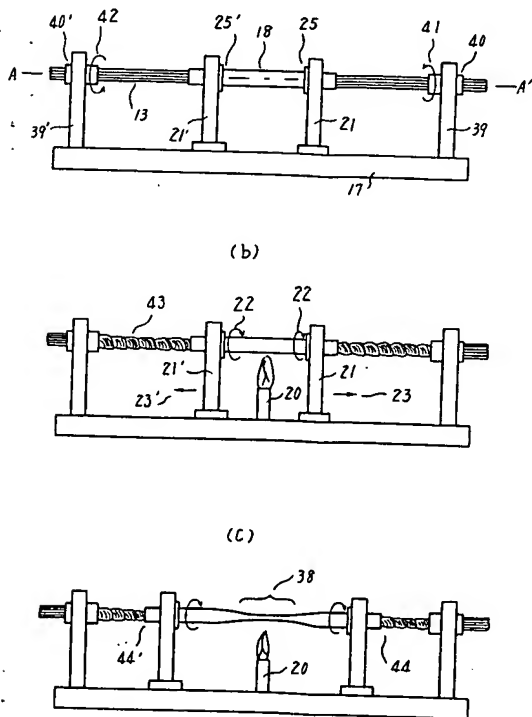
第 5 図



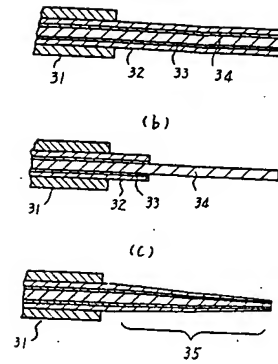
第 6 図



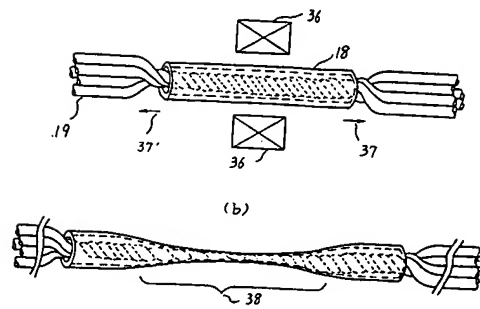
第 9 図



第 7 図



第 8 図



第 10 図

